دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هفتم، شماره پانزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

تعیین مناسب‌ترین معادلات آلومتریک برآورد زی‌توده روی زمینی گونه ارس

محمد مقصودلونژاد[*1]، امیراسلام بنیاد [2] و شعبان شتایی [3]

[1]دانشجوی دکترای جنگلداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا
[2]استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا
[3]استاد گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،گرگان

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۱۷

چکیده

امروزه مدل‌سازی و تعیین معادلات آلومتریک زی‌توده درختان جنگلی به‌ویژه درختان ارس برای تعیین وضعیت زیستی و قدرت ذخیره کربن گونه‌های درختی توده‌های جنگلی بسیار مهم می‌باشد. هدف از این پژوهش، تعیین مناسب‌ترین معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده برگ، شاخه فرعی، شاخه اصلی، تنه و زی‌توده کل درختان ارس در منطقه چهار باغ استان گلستان می‌باشد. برای مدل‌سازی در هر طبقه قطری حداقل ۳ درخت به منظور برداشت نمونه‌های برگ و شاخه انتخاب شد. درمجموع از ۳۵ درخت نمونه برداشت شد و در آزمایشگاه پس از توزین و خشک‌کردن نمونه‌ها زی‌توده برگ، شاخه، تنه و کل محاسبه شد. معادلات آلومتریک بر اساس مدل‌های رگرسیونی توانی، نمایی و چند جمله‌ای به دست آمد. برای اعتبار سنجی مدل‌ها از معیار ضریب تعیین، انحراف معیار مدل برازش یافته، تحلیل رگرسیون و تبعیت توزیع مقادیر باقی‌مانده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای مستقل، قطر برابر سینه با R^2=۹۷، سطح تاج با R^2=۹۶ و قطر متوسط تاج با R^2=۹۴، معادلات با شاخص‌های مدل‌سازی مناسب‌تری در بخش‌های مختلف درخت تولید نمودند. همچنین مدل توانی و چند جمله‌ای از مدل نمایی مناسب‌تر بود. ضریب تبیین به دست آمده از مدل‌های رگرسیونی نشان داد که این معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده درختان ارس در منطقه مورد مطالعه مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارس (Juniperus excelsa)، معادله آلومتریک، مدل توانی، زی‌توده، چهار باغ استان گلستان

*نویسنده مسئول: mohammad.maghsoudlou@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

مقدمه

برآورد زی‌توده و محتوی کربن درختان و سایر رستنی‌ها با توجه به اهمیت موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم (Ebuy et al,. 2011) و نیز به عنوان عنوان شاخصی برای تشریح حاصلخیزی رویشگاه (Navar, 2009) از اهمیت زیادی برخوردار است. افزایش میزان دی اکسیدکربن در اتمسفر به عنوان یکی از عوامل مؤثر در تغییر اقلیم به‌ویژه گرمایش جهانی، سبب شده تا مدیریت کربن به عنوان مؤثرترین فعالیت در رابطه با تغییرات اقلیم در سطح ملی و بین‌المللی معرفی شود (Wani et al,. 2015). کاهش انتشار کربن و افزایش ترسیب آن به عنوان رهیافت‌های مؤثر مدیریت کربن برای کاهش نرخ افزایشی درجه حرارت هوا مطرح‌شده است جنگل‌ها علاوه بر کالاها و خدمات متنوعی که برای انسان مهیا می‌کنند، نقش مهمی در ذخیره طبیعی کربن در مقیاس جهانی دارند (Fu et al,. 2015). در این باره جنگل‌ها به عنوان یک راه کم هزینه و بهترین و مؤثرترین رویکرد برای حذف دی اکسیدکربن اتمسفر از طریق فتوسنتز و افزایش زی‌توده درختان معرفی شده‌اند. جنگل‌ها توانایی کاهش بیش از ۵۰ درصد گازهای گلخانه‌ای جهان را دارند (Watson, 2010). اندازه‌گیری و برآورد زی‌توده درختان، یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی جنگل و بررسی‌های جریان انرژی در بوم‌سازگان به حساب می‌آید و طی سالیان اخیر این موضوع مور دتوجه بسیاری از محققان قرار گرفته است (زیانی و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین عواملی مانند بحران گرمایش جهانی و تعیین مقدار کربن ذخیره شده در اکوسیستم‌ها بر اساس الزامات و تعهدات بین‌المللی نیاز به اندازه‌گیری مقدار تولید زی‌توده درختی دارد (West,۲۰۰۹). زی‌توده جنگل شامل مواد آلی رو و زیرزمین می‌باشد. (Geremew, 2011) در جنگل‌ها ۵ منبع ذخیره کربن، شامل زی‌توده روی سطح زمین و زیر سطح زمین، چوب‌های مرده، مواد آلی پوشش کف جنگل و خاک وجود دارد. یکی از اهداف کاهش تخریب جنگل‌ها حفظ زی‌توده بالای سطح زمین می‌باشد (IPCC, 2003). برای برآورد میزان زی‌توده روی سطح زمین روش‌های زیادی شامل برداشت زمینی، GIS و سنجش از دور (Lu, 2006) وجود دارد. از آنجا که اندازه‌گیری مستقیم زی‌توده کل درخت مخرب، وقت‌گیر و پرهزینه است، همچنین برای مناطق وسیع نمی‌توان توزیع مکانی زی‌توده را تعیین نمود، عموماً استفاده از معادلات آلومتریک بر اساس پارامترهایی همچون قطر برابر سینه، ارتفاع یا تاج درخت مورد توجه بسیاری از محققان و کارشناسان است (Repola, 2008). روابط آلومتریک ابزاری برای برآورد وزن کل درخت و یا اندام‌های درخت از طریق متغیرهای مستقلی مانند قطر برابر سینه و یا ارتفاع است که در توده قابل اندازه‌گیری هستند (Komiyama et al., 2008). روابط آلومتریک در واقع معادلات رگرسیونی‌ای هستند که به طور مستقیم اندازه‌گیری‌هایی نظیر قطر را به زی‌توده کل درخت تبدیل می‌کنند (Losi et al., 2003). از طرف دیگر بسیاری اوقات برآورد زی‌توده کل کافی نیست، بلکه لازم است که زی‌توده

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

بخش‌های مختلف درخت به دست آید. مثلاً زی‌توده بخش‌های مختلف تاج که شامل برگ، شاخه‌های کوچک و شاخه‌های اصلی است برای این منظور درخت به طور کامل قطع، به اجزای مختلف تفکیک و وزن هر جزء به صورت جداگانه محاسبه گردد (Snowdon et al., 2002). گر چه ممکن است که وزن تنه درخت با اندازه‌گیری مستقیم حجم تنه و استفاده از جرم حجمی برآورد گردد (Good et al., 2001). برای برآورد زی‌توده تاج، روش‌های نمونه‌برداری متعددی معرفی و اجرا گردیده است. از جمله این روش‌ها، روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی، روش نمونه‌برداری قدری و زیر نمونه‌برداری است (بختیاروند و سهرابی، ۱۳۹۱). روش زیر نمونه‌برداری که نوعی از روش نمونه‌برداری دواشکوبه‌ای است، در مواقعی که اندازه‌گیری مشخصه مورد نظر مشکل یا پرهزینه بوده، در عین حال مشخصه‌های دیگری که با مشخصه مورد نظر رابطه خوبی داشته و اندازه‌گیری آن‌ها راحت‌تر و کم‌هزینه‌تر است، وجود داشته باشند، قابل توصیه است (Zoberiri, 2002). این روش که رگرسیون مبنا می‌باشد به شیوه‌های متعددی برای برآورد زی‌توده تاج بسیاری از گونه‌های درختی، خصوصاً گونه‌های سوزنی‌برگ به اجرا درآمده و نتایج مطلوبی به همراه داشته است. گوت (Grote, 2002) با استفاده از این روش زی‌توده و برگ شاخه‌ها را برای دو گونه نوئل (*Picea abies*) و راش (*Fagus sylvatica*) برآورد نموده است. پیپر و فسون (Peper and Pherson,1998) زی‌توده شاخه و برگ و قسمت‌های چوبی دو گونه توت و گیلاس را با روش‌های از جمله زیر نمونه‌برداری برآورد نموده و با مقادیر واقعی مقایسه کردند. در ایران تاکنون در زمینه روش‌های برآورد زی‌توده مطالعاتی برای چندگونه درختی پهن‌برگ صورت گرفته است. به عنوان‌مثال عدل (۱۳۸۶) زی‌توده و شاخص سطح برگ گونه‌های بلوط برودار و بنه را در جنگل‌های یاسوج، سهرابی و شیروانی (۱۳۹۱) به تعیین معادلات آلومتریک برآورد زی‌توده روی زمین بنه در پارک ملی خجیر و ایران‌منش و همکاران (۱۳۹۱) معادله آلومتریک برآورد زی‌توده و اندوخته کربن روی زمینی در دو فرم رویشی بلوط ایرانی (*Quercus brantii Lindl*) را در جنگل‌های لردگان استان چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قراردادند؛ اما در خصوص تعیین معادلات آلومتریک برای گونه‌های سوزنی‌برگ بومی و غیربومی تحقیق کمی وجود دارد. به عنوان مثال فقط بختیاروند و سهرابی (۱۳۹۱) در تحقیقی به روش زیر نمونه‌گیری به برآورد زی‌توده تاج و اجزا مختلف درختان کاج و سرو نقره‌ای پرداختند، نتایج نشان داد که با استفاده از تحلیل مدل رگرسیون غیرخطی، همه مدل‌ها با ۹۹/۹ درصد اطمینان معنی‌دار هستند. در اکثر کشورهای توسعه یافته، معادلات آلومتریک برای بیشتر گونه‌ها ارائه شده است ولی در ایران تحقیقات صورت گرفته برای گونه‌های جنگلی به ویژه گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بومی بسیار ناچیز می‌باشد. گونه ارس یکی از درختان سوزنی‌برگ بومی ایران هست که گسترش زیادی در مناطق کوهستانی در کشور هم به صورت مخلوط و هم به صورت خالص در برخی مناطق دارند. گونه درختی (*Juniperus excelsa*) پراکنش جغرافیایی وسیعی در کشور

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

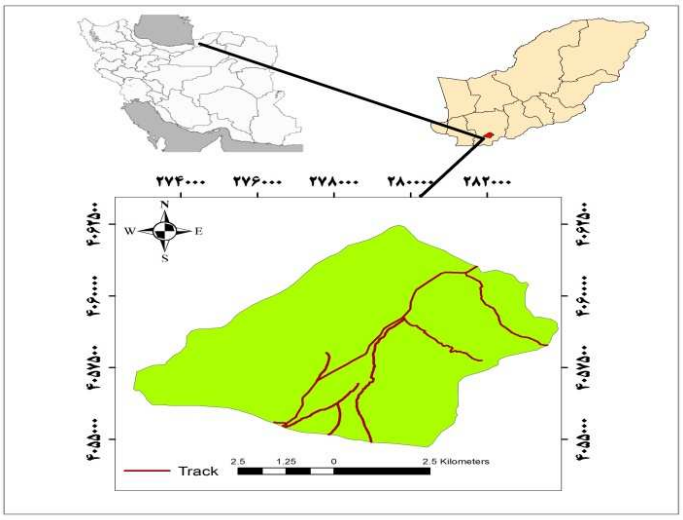
ایران دارا است و تفاوت‌های فراوانی از نظر خصوصیات ظاهری و گیاه‌شناسی با دیگر گونه‌های ارس دارد. این گونه نقش بسیار بالایی در حفاظت از خاک و ذخیره آب و افزایش تنوع گونه‌ای و زی‌توده روی زمینی در مناطق کوهستانی دارد. بررسی منابع صورت گرفته نشان داد که تاکنون هیچ معادله آلومتریک برای محاسبه زی‌توده گونه ارس در کشور صورت نگرفته است، ولی در برخی تحقیقات خارج از کشور چند تحقیق وجود دارد که با توجه به شرایط متفاوت گونه و رویشگاهی نمی‌تواند این معادلات آلومتریک برای گونه ارس کوهی (*Juniperus excelsa*) در نواحی کوهستانی ایران مورد استفاده قرار گیرد. در خارج از کشور شارلوت (Charlotte,۲۰۱۳) در تحقیقی به بررسی معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده بالای زمینی گونه ارس (*Juniperus ashei*) در تگزاس پرداختند. نتایج وی نشان داد که معادلات آلومتریک که بر اساس قطر برابر سینه و ارتفاع تهیه شد بهتر از معادلاتی که بر اساس ارتفاع درخت، محدوده تاج و حجم تاج توانستند زی‌توده کل را برآورد کنند. میریک و همکاران (Mirik et al.,۲۰۱۳) به ارزیابی زی‌توده درختان ارس (*Juniperus pinchotii*) در شمال تگزاس پرداختند. نتایج نشان داد که مدل رگرسیون خطی مناسب‌ترین مدل برای برآورد زی‌توده درختان ارس می‌باشد. اسپرینکل و کلپک (Sprinkle and Klepac, ۲۰۱۵) در تحقیقی به مدل‌سازی زی‌توده بالای زمینی گونه ارس (*Juniperus osteosperma*) در جنوب یوتا پرداختند. به منظور مدل‌سازی از متغیرهای قطر یقه، قطر برابر سینه، ارتفاع کل و سطح تاج استفاده نمودند. بهترین مدل از متغیرهای قطر یقه، سطح تاج و ارتفاع کل برای برآورد زی‌توده بالای زمینی به دست آمد. کرافچک و همکاران (Krofcheck et al., ۲۰۱۶) پژوهشی را بر روی زی‌توده درخت ارس (*Juniper Savanna*) در نیومکزیکو مرکزی انجام دادند. از مدل لگاریتمی برای برآورد زی‌توده استفاده نمودند. تکوینی و همکاران (Tekleweini et al., ۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی زی‌توده روی زمینی گونه ارس (*Juniperus Procera*) در جنوب اتیوپی پرداختند. به منظور مدل‌سازی از متغیرهای قطر برابر سینه و ارتفاع استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین مدل برای برآورد زی‌توده مدل توانی می‌باشد. با توجه به بررسی منابع صورت گرفته مشخص گردید که برای گونه‌های ارس در ایران با توجه به میزان سطح و پراکنش قابل‌توجه این‌گونه در بسیاری از مناطق ایران هنوز هیچ معادله آلومتریک برای محاسبه زی‌توده و ذخیره کربن ذخیره‌شده در این‌گونه وجود ندارد، بنابراین هدف اصلی تحقیق تعیین مناسب‌ترین معادلات آلومتریک گونه ارس، بر اساس متغیرهایی که اندازه‌گیری آن‌ها آسان، غیر مخرب، کم‌هزینه و سریع است. با این فرضیه که معادلات آلومتریک برآورد زی‌توده روی زمین گونه ارس بر اساس متغیرهای قابل‌اندازه‌گیری در ذخیره‌گاه چهار باغ دارای دقت مناسب می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه چهار باغ در ارتفاعات بالای دامنه‌های شمالی البرز و در جنوب شهرستان گرگان قرار دارد. فاصله این منطقه از شهرستان گرگان حدود ۵۰ کیلومتر می‌باشد. منطقه‌ای کوهستانی واقع در حوزه آبخیز نکارود که در عرض جغرافیایی ″۳۶°۳۶′۲۷/۸۱ تا ″۳۶°۴۱′۰۰/۸۱ و طول جغرافیایی ″۲۸′۱۹/۹۰ ۵۴° تا ″۵۴°۳۵′۱۳/۷۸ بین دو استان گلستان و سمنان واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۳۰۰۰ هکتار می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان گلستان

روش نمونه‌برداری:

در منطقه مورد مطالعه، ابتدا تعداد ۱۴۵ قطعه نمونه ۱۰ آری به صورت تصادفی پیاده گردید و در آن مشخصه‌های کمی درختان نظیر قطر برابر سینه، سطح تاج پوشش و ارتفاع برداشت شد. پس از بررسی نتایج آمار برداری و مشخص شدن دامنه تغییرات قطر برابر سینه، در هر طبقه قطری حداقل از ۳ درخت نمونه‌های برگ و شاخه برداشت شد. درمجموع از ۳۵ درخت نمونه برداشت شد. به منظور تعیین زی‌توده درختان، نمونه‌برداری از برگ و شاخه‌های اصلی (شاخه‌های منشعب از تنه با قطر بزرگ‌تر از ۵ سانتی‌متر) و فرعی (شاخه‌های با قطر کمتر از ۵ سانتی‌متر) صورت گرفت. از برگ درختان برحسب بزرگی و کوچکی تاج، بین یک هشتم تا یک چهارم نمونه‌برداری صورت گرفت (عدل،۱۳۸۶).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

با توجه به ممنوعیت قطع درختان ارس ابتدا قطر بن تمامی شاخه‌های درخت اندازه‌گیری شد (Snowdon et al., ۲۰۰۲). سپس تاج درخت به سه بخش زیرین، میانی و فوقانی تقسیم گردید و با توجه به پراکنش قطری شاخه‌های تاج درخت، سه‌شاخه از هر درخت به صورت تصادفی انتخاب و قطع شد. شاخه‌های قطع شده به شاخه‌های اصلی و فرعی جداسازی و با دقت ۰/۱ کیلوگرم با ترازو توزین شدند (بختیاروند بختیاری، ۱۳۹۱). همچنین برای اندازه‌گیری وزن خشک تعداد ۳۵ شاخه اصلی و ۳۵ شاخه فرعی با ضخامت‌های مختلف به‌طور تصادفی انتخاب و به قطعات ۵ سانتی‌متری تقسیم و از بین آن‌ها ۳۵ قطعه نمونه به طور تصادفی انتخاب شد. در نهایت با توجه رابطه زیر، زی‌توده شاخه‌های قطع شده با قطر آن‌ها و تعمیم آن به کل شاخه‌ها، زی‌توده تاج درختان محاسبه گردید. به منظور تعیین زی‌توده تنه درختان از طریق محاسبه زی‌توده با حجم تنه و چگالی بحرانی چوب تنه، زی‌توده تنه درختان محاسبه گردید.

جدول ۱- خلاصه وضعیت مشخصه‌های کمی ارس در منطقه مورد مطالعه

مشخصه‌های کمی	حداقل	حداکثر	میانگین
تعداد در هکتار	۳/۳۳	۱۱۵	۶۵/۹۹
ارتفاع کل (متر)	۲/۴	۸/۶	۴/۴
قطر برابر سینه (سانتیمتر)	۹	۵۳	۲۷/۷
سطح تاج پوشش (مترمربع)	۲/۵	۶۶/۱	۲۵/۳
متوسط قطر تاج (متر)	۱/۶	۹/۵	۴/۷

تعیین زی‌توده (وزن خشک)

وزن تر قطعات نمونه بلافاصله در عرصه با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) توزین شد و در بسته‌های جداگانه به منظور اندازه‌گیری وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس توزین شدند (بختیاروند بختیاری، ۱۳۹۱). پس از مشخص شدن وزن خشک نمونه‌ها وزن خشک سایر اجزای درخت از رابطه ۱ محاسبه گردید (Snowdon et al., ۲۰۰۲).

$$WD_c = \frac{WF_c \times WD_s}{WF_s}$$

رابطه۱

که WDc وزن خشک هر جزء از درخت، WFc وزن تر هر جزء از درخت، WDs وزن خشک هر نمونه و WFs وزن تر هر کدام از نمونه‌ها است. به عبارتی با به دست آوردن نسبت وزن خشک به وزن تر نمونه، اگر این نسبت در وزن تر اندام ضرب شود، کل وزن خشک اجزاء درخت به دست خواهد آمد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

برای تحلیل داده‌ها ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. با توجه به نرمال بودن متغیرهای مورد بررسی، با استفاده از متغیرهای اندازه‌گیری شده از درختان سرپا، معادلات آلومتریک رگرسیونی بر مبنای حداقل مربعات برازش داده شد. در این تحقیق از مدل رگرسیونی توانی $Y = b_0 x^{b_1}$، مدل رگرسیون نمایی $Y = b_0 e^{b_1 x}$ و مدل رگرسیونی چند جمله‌ای $Y = b_1 x + b_2 x^2 + b_0$ استفاده شد. برای اعتبار سنجی مدل‌ها از معیار ضریب تعیین، انحراف معیار مدل برازش یافته، تحلیل رگرسیون و تبعیت توزیع مقادیر باقی‌مانده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت.

نتایج

معادلات رگرسیون برآورد وزن خشک (زی‌توده) کل درخت و اجزاء آن به تفکیک محاسبه گردید. نتیجه برازش مدل‌های مختلف برای برآورد زی‌توده برگ، شاخه‌های فرعی، شاخه‌های اصلی، تنه و زی‌توده کل برمبنای قطر برابر سینه درختان ارس (جدول ۲) نشان داد که مدل رگرسیونی توانی بر مبنای قطر برابر سینه بهتر از مدل نمایی و چند جمله‌ای بود.

جدول ۲- نتیجه تحلیل رگرسیون برای برآورد زی‌توده اجزای درختان ارس بر اساس قطر برابر سینه

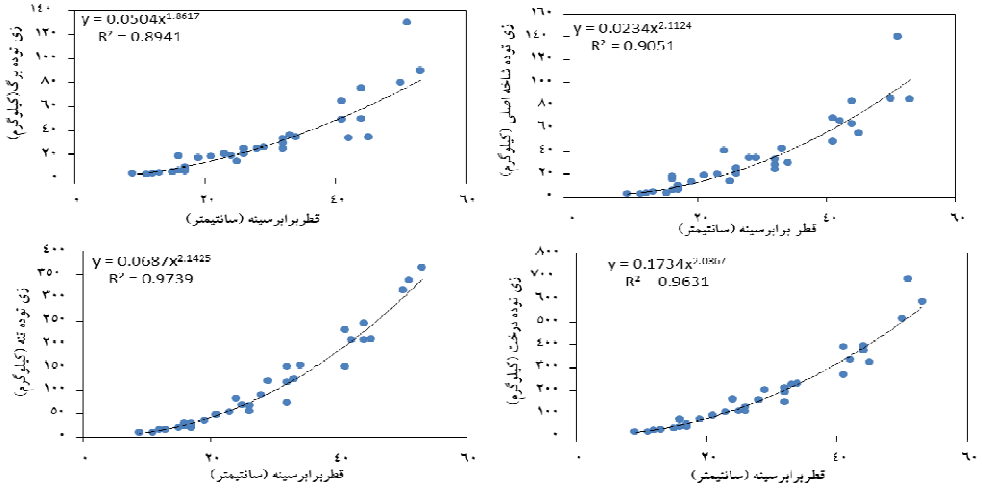
زی‌توده بخش	نوع مدل	R^2	F	sig.	Std.Error	ضرایب مدل		
						b_0	b_2	b_1
برگ	توانی	۰/۸۹	۲۷۸/۴۶	×××	۰/۳۱۴	۰/۰۵۰۴		۱/۸۶۱۷
	نمائی	۰/۸۶	۲۰۹/۶۳	×××	۰/۳۵۶	۲/۹۰۰۹		۰/۰۶۹۶
	چند جمله‌ای	۰/۸۴	۸۶/۲	×××	۱۱/۵۱	۱۴/۴۴	۰/۰۵۰۷	-۱/۱۳۰۸
شاخه فرعی	توانی	۰/۸۱	۱۴۵/۳۵	×××	۰/۳۷۲	۰/۰۶۵		۱/۵۹
	نمائی	۰/۸۰	۱۴۲/۷۱	×××	۰/۳۷۴	۲/۰۰۴		۰/۰۶۰۴
	چند جمله‌ای	۰/۷۱	۳۹/۳۱	×××	۸/۴۴	۱۲/۳۱۷	۰/۰۳۰۵	-۰/۹۰۸۷
شاخه اصلی	توانی	۰/۹۰	۳۱۴/۸۱	×××	۰/۳۳۵	۰/۰۲۳۴		۲/۱۱۲
	نمائی	۰/۸۵	۱۹۷/۹۷	×××	۰/۴۱	۲/۳۷۷		۰/۰۷۸۲
	چند جمله‌ای	۰/۸۷	۱۱۳/۶۱	×××	۱۱/۳۷	۶/۱۵۷	۰/۰۴۶	-۰/۵۵۲
تنه	توانی	۰/۹۷	۱/۲۳	×××	۰/۱۷۲	۰/۰۶۸۷		۲/۲۱۴۲
	نمائی	۰/۹۳	۵۰۳/۲۶	×××	۰/۲۶۴	۷/۳۱۳		۰/۰۸
	چند جمله‌ای	۰/۹۶	۴۸۹/۳۹	×××	۱۸/۴۳	۱۳/۰۴	۰/۱۵۰۹	-۱/۶۰۴

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

ادامه جدول (۲)

زی‌توده بخش	نوع مدل	R^2	F	sig.	Std.Error	ضرایب مدل		
						b_0	b_2	b_1
زی‌توده کل	توانی	۰/۹۶	۸۶۲/۶۸	×××	۰/۱۹۵	۰/۱۷۳۴		۲/۰۳۶
	نمائی	۰/۹۲	۴۲۱/۷۵	×××	۰/۲۷۴	۱۴/۶۶		۰/۰۷۶
	چند جمله‌ای	۰/۹۵	۳۲۲/۲۴	×××	۳۸/۳۵	۴۵/۹۶۴	۰/۲۷۸	-۴/۱۹۵

توضیحات: R^2: ضریب تبیین، F: آماره تحلیل واریانس، Std.Error: انحراف معیار مدل و ×××، معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱



شکل ۲- ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده‌شده برای هر یک از اجزای مختلف درخت بر مبنای متغیر مستقل قطر برابر سینه

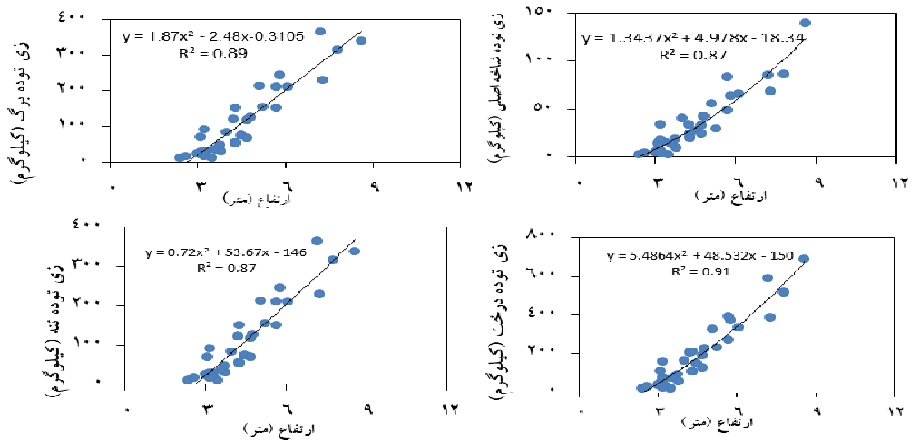
نتیجه برازش مدل‌های مختلف برای برآورد زی‌توده برگ، شاخه‌های فرعی، شاخه‌های اصلی، تنه و زی‌توده کل برمبنای ارتفاع کل درختان ارس (جدول ۳) نشان داد که مدل رگرسیونی چند جمله‌ای مناسب‌تر از مدل نمایی و توانی است و بیشترین ضریب تبیین مربوط به زی‌توده کل می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

جدول ۳- نتیجه تحلیل رگرسیون برای برآورد زی‌توده اجزای درختان ارس بر اساس ارتفاع کل

زی‌توده بخش	نوع مدل	R^2	F	sig.	Std.Error	ضرایب مدل		
						b_0	b_2	b_1
برگ	توانی	۰/۸۱	۱۴۵/۵۴	×××	۰/۴۱۵	۰/۴۱۸۹		۲/۶۸۳۶
	نمائی	۰/۷۶	۱۰۹/۴۸	×××	۰/۴۶۵	۱/۷۸۱۷		۰/۵۴۳۷
	چند جمله‌ای	۰/۸۹	۱۴۰/۴	×××	۹/۳	-۰/۳۱۰۵	۱/۸۷	-۲/۴۸
شاخه فرعی	توانی	۰/۷۶	۱۰۷/۲۵	×××	۰/۴۲۲	۰/۲۷۶۹		۲/۳۲۳۲
	نمائی	۰/۷۴	۸۰/۸۸	×××	۰/۴۳۹	۱/۲۷۳۷		۰/۴۷۸۴
	چند جمله‌ای	۰/۸۰	۱۱۵/۱۴	×××	۶/۸۸	۱۵/۲۵۷	۱/۵۴۱۹	-۷/۶۳۹
شاخه اصلی	توانی	۰/۷۶	۳۱۴/۸۱	×××	۰/۵۲۸	۰/۳۰۴		۲/۹۲۸
	نمائی	۰/۷۱	۱۹۷/۹۷	×××	۰/۵۸۶	۱/۵۰۹۵		۰/۵۸۹۷
	چند جمله‌ای	۰/۸۷	۱۱۳/۶۱	×××	۱۱/۳۱	-۱۸/۳۴۱	۱/۳۴۳۷	۴/۹۷
تنه	توانی	۰/۸۰	۱۳۴/۳۳	×××	۰/۴۷۳	۰/۹۷۸۵		۲/۹۳۶
	نمائی	۰/۷۴	۹۷/۵۶	×××	۰/۵۳۵	۴/۸۵		۰/۵۹۱
	چند جمله‌ای	۰/۸۷	۱۱۲/۳۱	×××	۳۶/۵۹	-۱۴۶/۶۱	۰/۷۲	۵۳/۶۷
زی‌توده کل	توانی	۰/۸۱	۱۴۶/۰۴	×××	۰/۴۳۷	۲/۰۴۸		۲/۸۳
	نمائی	۰/۷۶	۱۰۵/۸۹	×××	۰/۴۹۶	۹/۵۳		۰/۵۷۱
	چند جمله‌ای	۰/۹۱	۱۶۲/۸۵	×××	۵۲/۷۵	-۱۵۰	۵/۴۸۶	۴۸/۵۳۲

توضیحات: R^2: ضریب تبیین، F: آماره تحلیل واریانس، Std.Error: انحراف معیار مدل و ×××، معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱



شکل ۳- ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده‌شده برای هر یک از اجزای مختلف درخت بر مبنای متغیر مستقل ارتفاع

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

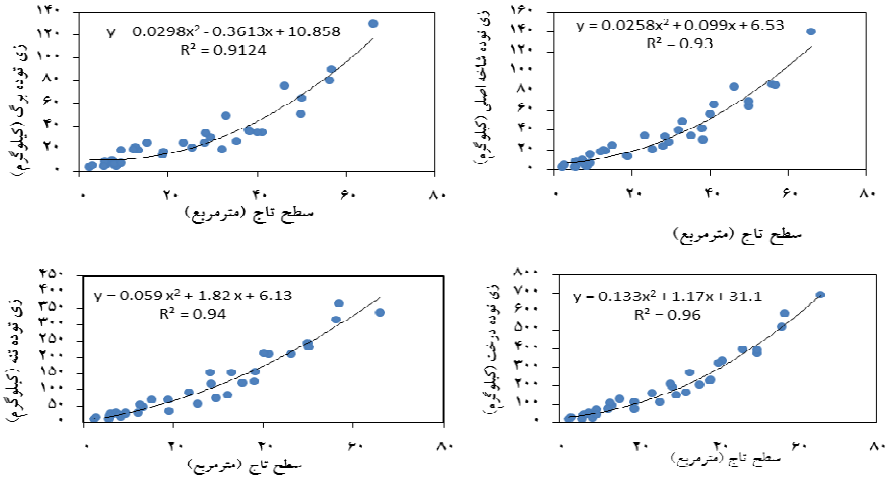
نتیجه برازش مدل‌های مختلف برای برآورد زی‌توده برگ، شاخه‌های فرعی، شاخه‌های اصلی، تنه و زی‌توده کل برمبنای سطح تاج درختان ارس (جدول ۴) نشان داد که مدل رگرسیونی چند جمله‌ای از مدل نمایی و توانی مناسب‌تر است و زی‌توده کل بالاترین ضریب تبیین را دارد.

جدول ۴- نتیجه تحلیل رگرسیون برای برآورد زی‌توده اجزای درختان ارس بر اساس سطح تاج

زی‌توده بخش	نوع مدل	R^2	F	sig.	Std.Error	ضرایب مدل		
						b_0	b_2	b_1
برگ	توانی	۰/۸۶	۲۰۹/۶۹	×××	۰/۳۵۶	۰/۹۹۸۸		۱/۰۹۲۴
	نمائی	۰/۸۴	۱۷۸/۹۹	×××	۰/۳۸۱	۵/۸۱۴		۰/۰۴۹
	چند جمله‌ای	۰/۹۱	۱۶۶/۵۶	×××	۸/۶۱	۱۰/۸۵۸	۰/۰۲۹۸	-۰/۳۶۱۳
شاخه فرعی	توانی	۰/۸۱	۱۴۶/۰۹	×××	۰/۳۷۱	۰/۸۵۴۵		۰/۸۶۸
	نمائی	۰/۸۴	۱۸۹/۲۴	×××	۰/۳۳۳	۳/۵۲۴		۰/۰۴۴
	چند جمله‌ای	۰/۸۵	۸۴/۸۷	×××	۶/۲۵	۷/۶۲۹	۰/۰۱۸۵	-۰/۳۸۸۷
شاخه اصلی	توانی	۰/۸۶	۲۰۸/۱۳	×××	۰/۴۰۳	۰/۷۸۴		۱/۱۲۵۷
	نمائی	۰/۸۳	۱۶۹/۱۱	×××	۰/۴۴	۵/۱۹۴		۰/۰۵۵
	چند جمله‌ای	۰/۹۳	۲۲۴/۲۸	×××	۸/۳۵	۶/۵۳۵	۰/۰۲۵۸	۰/۰۹۹
تنه	توانی	۰/۹۰	۳۱۸/۵۸	×××	۰/۳۲۶	۲/۵۱۵		۱/۱۲۷
	نمائی	۰/۸۹	۲۷۷/۷۳	×××	۰/۳۴۷	۱۶/۵۶		۰/۰۵۵
	چند جمله‌ای	۰/۹۴	۲۵۴/۶	×××	۲۵/۱۹	۶/۱۳۶	۰/۰۵۹۲	۱/۸۲۴
زی‌توده کل	توانی	۰/۹۱	۳۴۷/۸۲	×××	۰/۳۰	۵/۱۷۱		۱/۰۸۲
	نمائی	۰/۸۹	۲۹۱/۳۹	×××	۰/۳۲۵	۳۱/۵۲۴		۰/۰۵۳
	چند جمله‌ای	۰/۹۶	۴۸۳/۰۱	×××	۳۱/۵۸	۳۱/۱۵۹	۰/۱۳۳	۱/۱۷۴

توضیحات: R^2: ضریب تبیین، F: آماره تحلیل واریانس، Std.Error: انحراف معیار مدل و ×××، معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]



شکل ۴- ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده‌شده برای هر یک از اجزای مختلف درخت بر مبنای متغیرمستقل سطح تاج

نتیجه برازش مدل‌های مختلف برای برآورد زی‌توده برگ، شاخه‌های فرعی، شاخه‌های اصلی، تنه و زی‌توده کل بر مبنای قطر متوسط تاج درختان ارس (جدول ۵) نشان داد که مدل رگرسیونی توانی برای برآورد برگ، شاخه فرعی و شاخه اصلی مناسب‌تر است و همچنین مدل رگرسیونی چند جمله‌ای برای برآورد زی‌توده تنه و زی‌توده کل مناسب‌تر است.

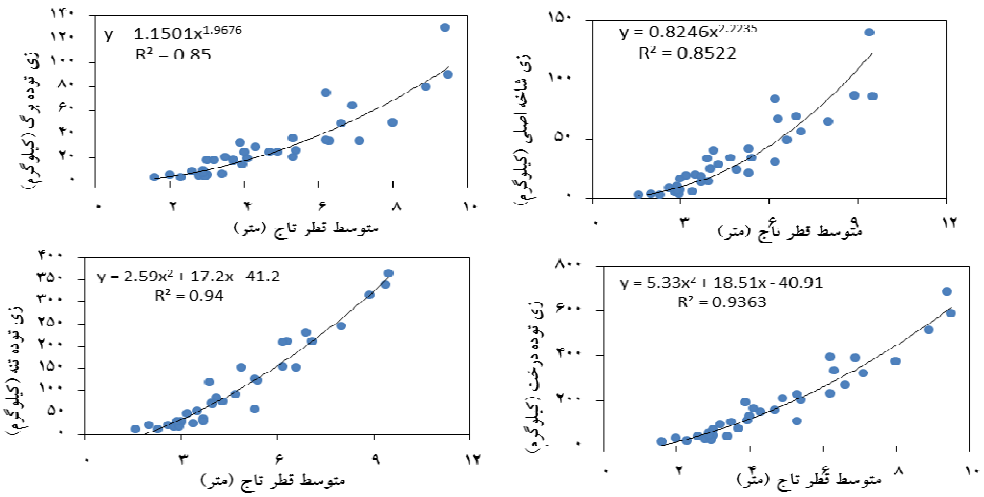
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

جدول ۵- نتیجه تحلیل رگرسیون برای برآورد زی‌توده اجزای درختان ارس بر اساس قطر متوسط تاج

زی‌توده بخش	نوع مدل	R^2	F	sig.	Std.Error	ضرایب مدل		
						b_0	b_2	b_1
برگ	توانی	۰/۸۵	۲۰۳/۲۷	×××	۰/۳۶۱	۱/۱۵		۱/۹۶
	نمائی	۰/۷۹	۱۴۹/۸۳	×××	۰/۴۱۰	۲/۹۵		۰/۴۰۲۵
	چند جمله‌ای	۰/۸۴	۱۰۹/۹۲	×××	۸/۶۱	۸/۰۱	۱/۳۷۵۱	-۳/۲۰۶
شاخه فرعی	توانی	۰/۸۱	۱۵۲/۱۴	×××	۰/۳۶۵	۰/۸۷۸۳		۱/۷۲۱
	نمائی	۰/۷۹	۱۳۸/۷۴	×××	۰/۳۷۹	۱/۹۸۸		۰/۳۵۸۱
	چند جمله‌ای	۰/۷۵	۵۲/۱۶	×××	۷/۶۰	۷/۷۸۷	۰/۸۱۱۳	-۲/۹۵۶
شاخه اصلی	توانی	۰/۸۵	۲۰۸/۱۳	×××	۰/۴۰۹	۰/۸۲۴		۲/۲۲۳
	نمائی	۰/۷۸	۱۶۹/۱۱	×××	۰/۴۹۵	۲/۵۳		۰/۴۴۷
	چند جمله‌ای	۰/۸۳	۲۲۴/۲۸	×××	۱۲/۷۳	-۱۱/۰۳	۰/۷۵۶	۵/۲۲
تنه	توانی	۰/۸۹	۲۸۴/۴۹	×××	۰/۳۴۳	۲/۶۴		۲/۲۳
	نمائی	۰/۸۴	۱۷۷/۲۷	×××	۰/۴۲۲	۷/۸۹		۰/۴۵۶
	چند جمله‌ای	۰/۹۴	۲۷۴/۱۷	×××	۲۴/۳۳	-۴۱/۲	۲/۵۹	۱۷/۲۲
زی‌توده کل	توانی	۰/۹۰	۲۹۳/۵۲	×××	۰/۳۲۴	۵/۴۳۵		۲/۱۳
	نمائی	۰/۸۴	۱۷۶/۵۳	×××	۰/۴۰۴	۱۵/۵۸۵		۰/۴۳۵
	چند جمله‌ای	۰/۹۳	۲۳۴/۳۴	×××	۴۴/۵۸	-۴۰/۹۱	۵/۳۳۵	۱۸/۵۱

توضیحات: R^2: ضریب تبیین، F: آماره تحلیل واریانس، Std.Error: انحراف معیار مدل و ***، معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]



شکل ۵- ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده‌شده برای هر یک از اجزای مختلف درخت بر مبنای متغیر قطر متوسط تاج درخت.

با مقایسهٔ متغیرهای مستقل برای مدل‌سازی زی‌توده اندام‌ها و نیز کل درخت می‌توان نتیجه گرفت متغیرهای قطر برابر سینه و سطح تاج و قطر متوسط تاج که سهم بیشتری از تغییرات وزن خشک اندام‌ها و وزن خشک کل درخت را توجیه می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق متغیرهای مختلف شامل قطر برابر سینه، سطح تاج، قطر متوسط تاج و ارتفاع کل درخت به عنوان متغیرهای مستقل برای برآورد زی‌توده برگ، شاخه فرعی، شاخه اصلی، تنه و زی‌توده کل باهم مقایسه شدند. بررسی انجام‌شده نشان داد امکان برقراری رابطه بین زی‌توده بخش‌های مختلف درختان ارس با متغیرهای مستقل وجود دارد. نتایج نشان داد که مدل توانی با متغیر مستقل قطر برابر سینه بهتر می‌تواند زی‌توده بخش‌های مختلف درختان ارس را برآورد نماید. در صورتی با متغیر مستقل ارتفاع کل مدل رگرسیونی چند جمله‌ای مناسب‌تر بود همچنین برمبنای متغیر مستقل سطح تاج نتایج نشان داد که مدل رگرسیونی چند جمله‌ای مناسب‌تر است و متغیر مستقل قطر متوسط تاج مدل رگرسیونی توانی برای برآورد برگ، شاخه فرعی و شاخه اصلی مناسب‌تر است و همچنین مدل رگرسیونی چند جمله‌ای برای برآورد زی‌توده تنه و زی‌توده کل مناسب‌تر بود. با توجه به نتایج، مدل‌های توانی و چند جمله‌ای برای مدل سازی نسبت به مدل نمایی بهتر می‌باشد. از بین متغیرهای

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

مستقل متغیر ارتفاع کل نسبت به سایر متغیرهای مستقل از ضریب تبیین پایین‌تری برخوردار است. البته با توجه به ساختار و شرایط رویشگاهی درختان ارس در منطقه مورد مطالعه این مورد قابل پیش‌بینی بود. نتیجه مقایسه مدل‌های توانی، نمایی و چند جمله‌ای برای مدل سازی زی‌توده کل و اندام‌های درخت بر اساس متغیرهای مستقل نشان داد که به طور کل می‌توان گفت مدل توانی و چند جمله‌ای نتایج بهتری نسبت به مدل نمایی دارد. زیرا مدل نمایی برای داده‌های معینی با افزایش مقدار x، شیب بیشتری نسبت به مدل توانی دارد. به‌عبارت‌دیگر در مدل نمایی، با افزایش مقدار متغیر مستقل، مقدار متغیر وابسته نسبت به مدل توانی بیشتر افزایش می‌یابد. البته این موضوع در مورد درختانی با تنه‌های کشیده و سیلندری، افزایش وزن کل با افزایش ابعاد درخت همواره شتاب بیشتری پیدا می‌کند (سهرابی و شیروانی،۱۳۹۱) با توجه به ساختار درخت ارس اما چنین امری در مورد رابطهٔ متغیرهای وابسته و مستقل در درخت ارس صادق نیست. استفاده از متغیر قطر برابر سینه به‌عنوان یک متغیر پیش‌بینی برای زی‌توده به‌صورت گسترده در منابع گزارش‌شده است، به طوری‌که تقریباً می‌توان گفت این متغیر عمومیت پیداکرده است (زیانی و همکاران، ۲۰۰۵). در این تحقیق تمامی متغیرهای مستقل استفاده‌شده با مدل توانی و چند جمله‌ای برای ایجاد معادلات آلومتریک برآورد زی‌توده روی زمین درختان ارس با ضریب تبیین بیشتر از ۰/۸ توانستند معادلاتی با شاخص‌های مدل سازی مناسب تهیه نمایند. عدل (۱۳۸۶) برای برآورد زی‌توده برگ بنه در جنگل‌های یاسوج از متغیرهای مستقل قطر برابر سینه، قطر تاج، ارتفاع تاج و ارتفاع کل استفاده کرد. نتایج تحقیق وی نشان دارد بهترین مدل برای برآورد زی‌توده برگ بنه مدل توانی برمبنای قطر برابر سینه با ضریب تبیین ۰/۹۵ است. در این بررسی نیز برای برآورد زی‌توده برگ درختان ارس مدل توانی بر اساس قطر برابر سینه بیشترین ضریب تبیین را (۰/۸۹) داشت، از این حیث با تحقیق عدل (۱۳۸۶) مطابقت دارد. سهرابی و شیروانی (۱۳۹۱) معادلات آلومتریک برآورد زی‌توده روی زمین درختان بنه را در پارک ملی خجیر ارائه نمودند. بر اساس نتایج این بررسی مدل توانی با متغیرهای قطر برابر سینه، ارتفاع کل و قطر تاج به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۷۴، ۰/۷۸ و ۰/۹۳ به دست آمد که در این بررسی برای این متغیرها با مدل توانی به ترتیب ضریب تبیین‌های ۰/۹۶، ۰/۸۱ و ۰/۹۰ به دست آمد. بختیاروند بختیاری و سهرابی (۱۳۹۱) به بررسی روش زیر نمونه‌برداری برای برآورد زی‌توده کل و بخش‌های مختلف دو گونه کاج تهران و سرو نقره‌ای پرداختند. تعدادی شاخه به‌طور تصادفی انتخاب شد و با تحلیل رگرسیون غیر خطی مدل‌های برآورد زی‌توده به دست آمد. نتایج این بررسی نشان داد همه مدل‌ها معنی‌دار هستند و نتایج این پژوهش نشان داد روش زیر نمونه‌برداری برای برآورد زی‌توده تاج درختان مناسب می‌باشد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. میریک و همکاران (Mirik et al.,۲۰۱۳) به ارزیابی زی‌توده درختان ارس (*Juniperus pinchotii*) در شمال تگزاس پرداختند. نتایج نشان داد که مدل رگرسیون خطی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

مناسب‌ترین مدل برای برآورد زی‌توده درختان ارس می‌باشد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. نتایج اسپرینکل و کلپک (Sprinkle and Klepac., ۲۰۱۵) نشان داد که مدل لگاریتمی برای مدل سازی زی‌توده بالای زمینی گونه ارس (*Juniperus osteosperma*) در جنوب یوتا مناسب است. در منطقه مورد مطالعه ما مدل توانی و چند جمله‌ای مناسب‌ترین بود. کرافچک و همکاران (Krofcheck et al., ۲۰۱۶) پژوهشی را بر روی درخت ارس (*Juniper Savanna*) در نیومکزیکو مرکزی انجام دادند. نتایج وی نشان داد که از بین مدل‌ها، مدل لگاریتمی برای برآورد زی‌توده مناسب‌تر بود که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. نتایج تکوینی و همکاران (Tekleweini ۲۰۱۹ et al.,) در جنوب اتیوپی نشان داد که مناسب‌ترین مدل برای برآورد زی‌توده روی زمینی مدل توانی بر اساس متغیر قطر برابر سینه می‌باشد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در منطقه مورد مطالعه مدل توانی و مدل چند جمله‌ای برای مدل سازی زی‌توده درختان از سایر معادلات مناسب‌تر می‌باشد. مطالعات صورت گرفته بر روی معادلات آلومتریک درختان در مناطق مختلف، نشان‌دهنده این موضوع است که هر منطقه باید معادلات آلومتریک خاص خود را داشته باشد چون وضعیت رویشگاهی در مناطق مختلف متفاوت می‌باشد.

منابع

ایران‌منش،ی.، جلالی، غ.، ثاقب طالبی، خ.، حسینی، م.، سهرابی، ه. ۱۳۹۱. معادلات آلومتریک زی‌توده و اندوخته کربن بذر بلوط ایرانی (Quercus brantti) بذر بلوط و تعیین عناصر غذایی آن در جنگل‌های لردگان استان چهارمحال و بختیاری. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر، ۲۰ (۴): ۵۶۴-۵۵۱.

بختیاروند بختیاری، س.، سهرابی، ه. ۱۳۹۱. زیر نمونه‌گیری از درخت برای برآورد زی‌توده تاج و اجزاء مختلف آن. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۵(۳): ۲۷۰-۲۶۱.

سهرابی، ه.، شیروانی، ا. ۱۳۹۱. معادلات آلومتریک برای برآورد زی‌توده روی زمین بنه (Pistacia atlantica var. mutica) در پارک ملی خجیر. مجله جنگل ایران، ۴(۱):۶۴- ۵۵.

عدل، ح. ۱۳۸۶. برآورد بیوماس برگ و شاخص سطح برگ دو گونه عمده در جنگل‌های یاسوج، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر، ۱۵(۴): ۴۲۶-۴۱۷.

Charlotte, M.R. 2013. Allometric equations for Ashe Juniper of small diameter .Southwestern naturalist 58(3):359-363.

Ebuy, J. Lokombe, J.P. Ponette, Q. Sonwa, D. Picard, N. 2011. Allometric equations for predicting aboveground biomass of three tree species. Journal of Tropical Forest Science. Vol. 23(2). 125-132.

Fu, L., Zhao, Y., Xu, Zh., Wu, B. 2015. Spatial and temporal dynamics of forest aboveground carbon stocks in response to climate and environmental changes.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

Soils Sediments.,15: 249-259.

Geremew, T. 2011. Assessment of aboveground carbon stock in coniferous and broadleaf forests, using high spatial resolution satellite images. Master of Science, University of Twente. 85 p.

Good, N.M. Paterson,M. Brack, C., Mengersen, K. 2001. Estimating tree component biomas using variable probability sampling methods. Jurnal of Agricultural, Biological and Enviromental Statistics.Vol.6(2).258-267.

Grote, R. 2002. Foliage and branch biomass estimation of coniferous and deciduous tree species, 36.

IPCC .2003. Good Practice Guidance for Land Use Change and Forestry.

Komiyama, A., Ong, J.E., Poungparn, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. Aquatic Botany 89(2): 128-137.

Krofcheck, D.J., Litvak, M.E., Lippitt, C.D., Neuenschwander, A. 2016. Woody Biomass Estimation in a Southwestern U.S. Juniper Savanna Using LiDAR-Derived Clumped Tree Segmentation and Existing Allometries. Remote Sens. ۲۰۱۶, ۸(۶), ۴۵۳.

Losi, C.J., Siccama, T.G., Condit, R., Morales, J.E. 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. Forest Ecology and Management 184(1–3): 355-368.

Lu, D. 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. International Journal of Remote Sensing 27(7): 1297-1328.

Mirik, M., Ansley, R.J., Surber, B.W., Ale, S. 2013. Evaluating Biomass of Juniper Trees (Juniperus pinchotii) from Imagery-Derived Canopy Area Using the Support Vector Machine Classifie, Advances in Remote Sensing, Vol. 2, No. 2, 2013, pp. 181-192

Návar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. Forest Ecology and Management, 257(2): 427-434.

Peper, P.J.U.o.C., Davis, C.A, McPherson, E.G. 1998. Comparison of four foliar and woody biomass estimation methods applied to open-grown deciduous trees. v. 24

Repola, J. 2008. Biomass equations for birch in Finland.

Snowdon, P., Raison, J., Eamus, D. 2002. Protocol for sampling tree and stand biomass.

Sprinkle,W., Klepac, J. 2015. Models of Utah Juniper and Two-Needle Pinyon Biomass for One Site in Southwest Utah. For. Sci. 61(1):162–168.

Tekleweini, G., Ababo, W., Goitom, T.,Muhamed, A., Leakemariam, B. 2019. Total Volume and Aboveground Biomass Models for Juniperus procera Plantation in Wondo Genet, Southern Ethiopia. Open Journal of Forestry, 2019, 9, 89-108.

Wani, A.A., Joshi, P.K., Singh, O. 2015. Estimating biomass and carbon mitigation

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]

of temperate coniferous using spectral modeling and field inventory data. Ecological Informatics. 25: 63-70.

Watson, C. 2010. Forest Carbon Accounting: Overview & Principles. Australian Greenhouse Office Publication, 67 p.

West, P. W. 2009. Tree and Forest Measurement. Springer Publisher, 190 p.

Zianis, D., Muukkonen, P., Makipaa, R, Mencuccini, M. 2005. Biomass and stem volume equations of tree species in Europe, 4.

Zobieri, M. 2002. Forest Biometry 1th ED, Tehran University Press,412pp.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-07]